

Polyphasic analysis of the fungal
biodeterioration of mural paintings and
plaster walls of the Takamatsuzuka and Kitora
Tumuli, Nara, Japan

著者	喜友名 朝彦
内容記述	Thesis (Ph. D. in Agricultural Science)--University of Tsukuba, (B), no. 2625, 2013.1.31 Includes bibliographical references (leaves 159-177)
発行年	2013
URL	http://hdl.handle.net/2241/120691

氏 名 (本籍)	喜友名 朝 彦 (沖 縄 県)			
学 位 の 種 類	博 士 (農 学)			
学 位 記 番 号	博 乙 第 2625 号			
学位授与年月日	平成 25 年 1 月 31 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当			
審 査 研 究 科	生命環境科学研究科			
学 位 論 文 題 目	Polyphasic Analysis of the Fungal Biodeterioration of Mural Paintings and Plaster Walls of the Takamatsuzuka and Kitora Tumuli, Nara, Japan (高松塚・キトラ両古墳における壁画・漆喰壁の菌類による生物劣化の多相的解析)			
主	査	筑波大学教授	農学博士	柿 寛 真
副	査	筑波大学教授	農学博士	山 岡 裕 一
副	査	筑波大学教授	農学博士	戒 能 洋 一
副	査	筑波大学教授	博士 (農学)	青 柳 秀 紀
副	査	国立科学博物館植物研究部グループ長	博士 (理学)	細 矢 剛

論 文 の 内 容 の 要 旨

高松塚古墳・キトラ古墳（奈良県明日香村、7世紀末～8世紀初頭の築造）における漆喰上に描かれた多彩色壁画は戦後考古学史上最大の発見の一つである。しかし、発掘以降菌類を主とする微生物などによる壁画・漆喰壁の生物劣化がたびたび深刻な問題を引き起こした。そこで本研究では、文化財保護法の理念の下、両古墳壁画の菌類による汚染状況の正確な把握と発生原因、またそれらが壁画に及ぼす影響を究明することを主目的とした。すなわち、石室内とその周辺環境の菌類相、主要汚染菌類の正体、壁画・壁面劣化と内部環境要因、微小動物（ダニなど）、主要分離株の生物学的特性（生育、基質嗜好性、有機酸生成能、炭酸カルシウム溶解能、殺菌剤資化性など）との関わり、それら菌類の由来、侵入経路を考察するための基礎研究に資することにある。

まず、両古墳の各採取試料のスライド標本の精密な形態観察と培養法（塗布法、湿室培養法）による菌類分離作業を行い、次に主要分離株について表現型、分子系統（28S rDNA 等）両形質データの統合的解析に基づき種レベルで同定した。さらに、両古墳石室内外の分離株について採取箇所別の菌類相の比較解析を行い、高松塚古墳の代表的菌類の主に基質嗜好性データの分析と石室展開図上のマッピングによって侵入経路を推定する手がかりとした。

高松塚古墳では「平成のカビ大発生」（2001～2005 年）～石室解体後に至る 2004 年 5 月～2009 年 2 月の採取試料 236 点から約 1400、一方キトラ古墳では石室内壁面全体にバイオフィームが発生した 2004 年 6 月～2009 年 9 月の採取試料 168 点から約 800 の菌類分離株を得た。菌類相の比較解析の結果、2004 年 5 月～2006 年 12 月の調査期間中、高松塚古墳石室内で菌類相の変化が明瞭に示された。*Penicillium paneum* は石室内の常在優占種として、2004 年 5 月～同年 9 月までは *Fusarium solani* 複合種クレード (FSSC) と *Trichoderma* が同内の優占菌類群としてそれぞれ分離・同定されたが、石室解体に関わる墳丘部冷却開始以

降（2005年9月）、石室内の温度低下に伴い *Trichoderma* が衰退し、石室内温度が10℃前後に安定した2006年5月以降「飛鳥美人の黒染み」の正体－暗色系 *Acremonium masseei* が出現した。フランスのラスコー洞窟壁画でも2001年のFSSCの大発生以降、*Gliomastix murorum* (sic)、*Ochroconis* spp. などによる黒染みが問題となり、殺菌剤の影響とともに菌類相の変化が起きたという報告がある。一方、キトラ古墳石室内では、高松塚古墳と共通する菌類群（*Acremonium* cf. *strictum*、*Kendrickiella phycomyces*、*Burgoa anomala*）に加え、両古墳壁画面上のバイオフィルムの主要菌類群として *Candida* (*C. tumulicola*、*C. takamatsuzukensis* 2新種を含む) や *Pichia* など、両古墳で海外の研究事例とは異なる特徴的な分類群を分離・同定した。さらに本研究で、両古墳代表分離株の分子系統的位置の決定・分類学的記載に加え、新種 *A. tumulicola* と新組合せ *A. felinum* を提案した。また、代表的菌類について両古墳壁画・漆喰壁の生物劣化の関与する生物学的特性を調べた。すなわち、*P. paneum* などが石室内点検時消毒薬として使用されたエタノールやイソプロパノールを低濃度で資化し、他方、殺菌剤・ケーソンCGでは *B. anomala* などに対する抗菌性が観察され、クエン酸等有機酸生成能を有する *K. phycomyces* など主要分離株がGYC寒天平板で漆喰の主成分・炭酸カルシウムを顕著に溶解するなど、菌類と漆喰壁画の劣化関係の一端を明らかにした。また、一連の調査研究データの総合的分析から、両古墳石室内の壁画・漆喰壁劣化に関与が示唆された主要菌類は多くが土壌菌類、植物腐生菌類などであることから、主な侵入経路として石室の盗掘口、石壁の隙間・亀裂などが推定された。侵入手段として石室周囲の土壌・雨水・微小動物・植物根・空気などに加えて人的要因が示唆され、複合的な要因により汚染・劣化が起こったと考えられた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

高松塚古墳・キトラ古墳の漆喰上に描かれた多彩壁画は、考古学上の重要な文化遺産であるが、菌類を主とする微生物などによる壁画・漆喰壁の生物劣化により、遜色が酷く、解体や修理が行われている。このような劣化が起こった原因は、劣化を起こす微生物の特定や、その性質が不明であり、十分な対策が取られなかったことが大きな原因と考えられている。そのため、今後の課題として、保存対策のための汚染微生物の迅速分析法・モニタリング法などの的確な情報提供が求められていた。本研究は、古墳内に出現する菌類の種類を分子生物学的手法を用いて正確に同定し、内部環境の変化や周辺環境との関係を明らかにするとともに、その侵入経路の推察を行い、また、主要菌類の生物学的特性についても明らかにし、劣化との関係を検討したもので、今後の、古墳などの文化財の保存において大きな示唆をあたえる研究成果であり、高く評価される。

平成24年11月20日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び学力の確認を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。